



TITLE:

Factors inducing the chloroplast movement in C plants under high light-stress conditions and effects of the response on photosynthesis(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Maai, Eri

CITATION:

Maai, Eri. Factors inducing the chloroplast movement in C plants under high light-stress conditions and effects of the response on photosynthesis. 京都大学, 2020, 博士(農学)

ISSUE DATE:

2020-05-25

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r13360>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により要約は2021-04-30に公開

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	間合 絵里
論文題目	Factors inducing the chloroplast movement in C ₄ plants under high light-stress conditions and effects of the response on photosynthesis (強光ストレス環境におけるC ₄ 植物の葉緑体運動の誘導要因および光合成に与える影響)		
(論文内容の要旨)			
<p>C₄植物は、C₃植物と比較して高いストレス耐性と物質生産性を示し、ストレス環境下の作物生産において有用な植物資源である。これまでに、幾種かのC₄植物では葉肉細胞の葉緑体が環境ストレスに応答して維管束鞘細胞側へ集まる‘凝集運動’が確認されているが、その誘導要因や光合成との関係は明らかになっていない。本論文は、C₄植物における葉緑体凝集運動の定量的評価法を提案し、凝集運動の誘導要因およびC₄植物の葉緑体運動がストレス環境下の光合成に与える影響の解明を目的として行った研究をとりまとめたものであり、その内容は以下のように要約される。</p> <p>第1章では、凝集運動の定量的評価法の確立を目指した。まず、光学顕微鏡下で撮影した葉横断切片のピクセル座標を利用して、葉肉細胞の葉緑体の維管束鞘細胞側への局在程度を表す凝集配置指数を定義した。次に、その指数が凝集運動の定量的評価に利用可能かを検証するため、シコクビエ(<i>Eleusine coracana</i>)の葉横断切片を用いて、顕微鏡観察による凝集運動の判定結果と凝集配置指数の変化を比較した。その結果、葉緑体の凝集運動が起きたと判定したものは凝集配置指数が有意に高かったことから、同指数が凝集運動の定量的評価に有効であることが示された。</p> <p>第2章では、凝集運動に有効な光波長と誘導因子を特定するため、異なる波長の光や生理活性物質に対するシコクビエの葉緑体の配置変化を調査した。その結果、赤色光は葉緑体の配置変化を変化させないのに対して、青色光は葉緑体の逃避運動（入光方向と平行な位置へ移動する）と凝集運動の誘導に関与することを明らかにした。また、活性酸素種は凝集運動を誘導しないこと、およびアブシジン酸(ABA)は青色光下で逃避運動を凝集運動にシフトさせる役割があることを明らかにした。青色光とABAに応答した凝集運動は、シコクビエと異なるサブタイプのC₄植物トウモロコシ(<i>Zea mays</i>)だけでなく、一部のC₃-C₄中間型植物(<i>Panicum milioides</i>)でも観察されたが、C₃植物（オオムギ(<i>Hordeum vulgare</i>)および<i>P. laxum</i>)では観察されなかった。このことから、C₄植物はC₃植物からの進化の過程で、青色光応答性逃避運動の様式を保持しつつ、ABA応答性の凝集運動の様式を新たに獲得したと推察された。</p> <p>第3章では、シコクビエの葉緑体の凝集運動が日周変化する光環境下で起きることを明らかにし、光定位運動の特性も持つことを示した。さらに、凝集運動が光合成に与える影響を解析し、凝集運動は気孔コンダクタンスの増加とともに起</p>			

きたことから、気孔閉鎖に起因しない現象であると考えられた。葉緑体が凝集配置のときの光合成速度は、分散配置のときより高い傾向があり、凝集運動が光合成速度の向上に寄与する可能性を見出した。

第4章では、 C_4 植物が強光下で示すもう一つの葉緑体運動である逃避運動と光合成の関係を解析し、ソルガム (*Sorghum bicolor*) の葉緑体が光合成の昼寝現象の間に逃避運動を起こすことを明らかにした。葉肉細胞の葉緑体が逃避配置のとき、光合成速度は分散配置のときより低い傾向があり、維管束鞘細胞の葉緑体で同化産物の蓄積によるとみられる膨潤が観察された。 C_4 植物における逃避運動は、光合成の維持や加速よりむしろ、 C_3 植物の場合と同様に過度な受光を抑える意義があると推察された。

本論文では、凝集配置指数を用いて C_4 植物の葉緑体凝集運動の定量的評価を実現し、凝集運動が青色光とABAを介する機構により誘導されることを明らかにした。 C_4 植物は光合成の進化に伴い独自の葉緑体運動の様式を獲得したと推察され、活性酸素種を逃避運動のシグナル伝達に利用する C_3 植物に対し、 C_4 植物は活性酸素種の上流で機能するABAを利用することでストレス環境下でより合理的に葉緑体を移動（凝集）させていると考えられた。このように、本論文は、 C_4 植物の葉緑体凝集運動の誘導機構およびその獲得過程の一端を明らかにし、 C_4 植物の葉緑体運動が光合成に与える影響を初めて提示した。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

C₃植物と比較して高いストレス耐性を示すC₄植物は、ストレス環境下の作物生産において有用な植物資源である。葉緑体が維管束鞘細胞側へ集まる凝集運動は、環境ストレス下のC₄植物の葉肉細胞で確認されており、ストレス対処機構であると考えられる。本論文では、C₄植物の葉緑体凝集運動の解析法を提案し、凝集運動の誘導機構およびC₄植物の葉緑体運動が光合成に与える影響の一端を明らかにしており、評価すべき点は以下のとおりである。

1. 葉肉細胞の葉緑体の維管束鞘細胞側への局在程度を表す‘凝集配置指数’を定義し、複雑な葉構造をもつC₄植物の葉緑体凝集運動の定量的解析を実現した。

2. 青色光がC₄植物の葉緑体運動に有効な波長であることを特定し、ABAが青色光下で逃避運動を凝集運動にシフトさせる役割があることを示した。また、C₄植物はC₃植物からの進化の過程で、青色光とABAに応答した凝集運動の様式を獲得した可能性があることを明らかにした。

3. シコクビエの葉緑体凝集運動が日周変化する光環境下で起きることを明らかにし、乾燥などのストレスに伴う応答と考えられていた凝集運動が、気孔閉鎖に起因しない現象であり、光定位運動の特性も持つことを示した。凝集運動が光合成速度の向上に寄与する可能性を見出し、その生理的意義の一端を提示した。

4. C₄植物が強光下で示すもう一つの葉緑体運動である逃避運動が光合成の昼寝現象の間に起きていることを明らかにした。同化産物の蓄積など光合成が停滞する状況でみられる逃避運動は、C₃植物の場合と同様に過度な受光を抑える反応である可能性を示した。

以上のように、本論文は、C₄植物に特有な凝集運動の定量的評価法を確立し、凝集運動が青色光とABAを介する機構により誘導されることを明らかにした。さらに、强光回避を目的とする逃避運動に対して、凝集運動は光合成の向上に寄与する可能性を初めて示し、C₄植物の葉緑体運動の機能に関する重要な知見を提示するものであり、作物学、植物生産管理学、環境植物学、植物生理学の発展に寄与するところが多い。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、令和 2 年 4 月 16 日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第 14 条第 2 項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）